

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-318824

(43)公開日 平成9年(1997)12月12日

(51)Int.Cl*

G 0 2 B 6/10
G 0 2 F 1/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/10
G 0 2 F 1/00

技術表示箇所

C

(21)出願番号

特願平9-32055

(71)出願人 390037903

コーニング インコーポレイテッド
CORNING INCORPORATE
D

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コニー
ング (番地なし)

(72)発明者 ジョージ エフ ワイルドマン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14814
ピッグ フラット オーチャード ドラ
イヴ 5

(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(22)出願日

平成9年(1997)2月17日

(31)優先権主張番号 011838

(32)優先日 1996年2月16日

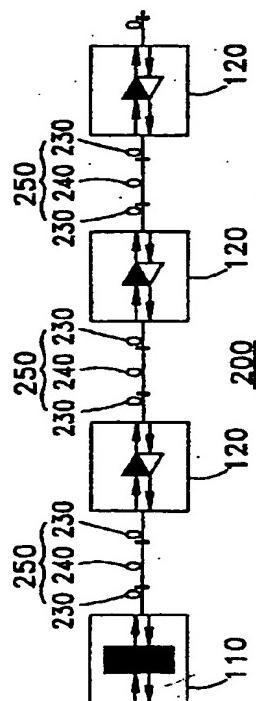
(33)優先権主張国 米国 (US)

(54)【発明の名称】 分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルおよびこれを用いた光送信システム

(57)【要約】

【課題】 従来の光ファイバケーブルよりも製造が容易で、かつ製造コストおよび保全コストが低廉であるにも拘らず、非線形効果を低減し得る光ファイバケーブルを提供する。

【解決手段】 第1の有効面積と所定の動作波長範囲における正の分散特性とを有し、かつほぼ等しい長さを有する2つのセグメント230からなる単一モード光ファイバである第1の光ファイバと、第2の有効面積と上記所定の動作波長範囲における負の分散特性とを有し、第1の光ファイバの2つのセグメント230間に連結された第2の光ファイバ240によって、上記所定の動作波長範囲における平均全体分散値がほぼゼロとなる対称性光ファイバケーブルを構成する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の有効面積と所定の動作波長範囲における正の分散特性とを有し、かつほぼ等しい長さを有する2つのセグメントからなる单一モード光ファイバである第1の光ファイバと、

第2の有効面積と前記所定の動作波長範囲における負の分散特性とを有し、前記第1の光ファイバの2つのセグメント間に結合された第2の光ファイバとによって構成され、

前記所定の動作波長範囲における平均全体分散特性が第1の平均全体分散値を呈することを特徴とする、分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル。

【請求項2】 前記第1の平均全体分散値がほぼゼロであることを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項3】 前記第2の光ファイバが、前記第1の光ファイバの2つのセグメントのいずれよりも長い長さを有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項4】 前記第1の光ファイバの前記セグメントの長さの前記第2の光ファイバの長さに対する比が、約1:10ないし1:25であることを特徴とする請求項3記載の光ファイバケーブル。

【請求項5】 前記第1の光ファイバの2つのセグメントと前記第2の光ファイバとの合計の長さが約60ないし140kmであることを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項6】 前記第1の光ファイバが約70ないし90 μm^2 の有効面積を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項7】 前記第1の单一モード光ファイバが約1530ないし1560nmの動作波長範囲において、約15ないし20ps/nm/kmの分散特性を有し、前記第2の光ファイバが、約-0.1ないし-6.0ps/nm/kmの分散特性を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項8】 前記第2の光ファイバが約45ないし55 μm^2 の有効面積を有することを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項9】 前記第2の光ファイバが分散シフトファイバまたは非ゼロ分散ファイバであることを特徴とする請求項1記載の光ファイバケーブル。

【請求項10】 光端末装置と、請求項1ないし9のいずれか1項記載の光ファイバケーブルによって前記光端末装置に結合された少なくとも1つの第1の中継器とかなる光送信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバケーブルに関し、特に、分散特性の管理された対称性光ファイ

バケーブルおよびこれを用いた光送信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】 光ファイバを通じて送信される光波長信号は、それらの実際の送信距離を制約する種々の歪および減衰の原因となる非線形効果の影響を受ける。典型的には、光ファイバは、光端末装置と、光ファイバによって接続された複数の増幅・中継器とかなるファイバ光システムに使用される。典型的には、送信路に沿って規則正しい間隔で配置される増幅・中継器は信号パルスの強度を高める役目を果たし、これによって、減衰の影響が克服される。送信路の全体の長さは、光ファイバの光学的非直線性から生じる位相シフトによって制約される。

【0003】 信号送信における非線形効果の大きさは、光ファイバの種々の特性によって影響される。このような特性の1つに、ファイバの「有効断面積」または簡単に「有効面積」がある。与えられた出力の光信号は、有効面積が大きい程、信号は実質的な損失なしにファイバを通じて伝搬することができる。したがって、大きな有効面積を有するファイバを用いることは、増幅・中継器間の光ファイバの区間延長を可能にするとともに、送信システム全体の長さの延長を可能にする。

【0004】 信号送信に影響を与える光ファイバのもう1つの重要な特性は光ファイバの分散特性である。ファイバの分散特性に特に敏感な非線形効果は、自己位相変調(self-phase modulation)、クロス位相変調(cross-phase modulation)および4光子混合(four-photon mixing)のようなバラメトリックな過程を含む。ファイバにおける分散は、パルス信号の送信路に沿った周波数拡張を生み、影響は累積され、信号が受信機に入力される以前に信号の渋波が必要になる。しかし、渋波を行なっても、受信信号の帯域拡大は信号対ノイズ比を悪化させ、信号エラーの増大を導く。したがって、光送信システムの動作波長範囲における分散特性をゼロに近くすることが望ましい。長距離送信システムのための使い易い動作波長範囲の1つは1530nmと1560nmとの間である。

【0005】 分散シフトファイバ(DSF)として知られている商品として入手可能である光ファイバは、ある使い易い動作波長、例えば1550nm付近でゼロ分散特性を示す。しかしながら、これらのファイバは一般的に小さい有効面積を有し、送信システムにおいて比較的近接した間隔でブースタを配置する必要がある。

【0006】 非ゼロ分散(NZD)ファイバとして知られている商品として入手可能な他の形式の光ファイバもまた、小さい有効面積を有し、1550nm付近で極めて低いがゼロではない分散値を示す。一般的な单一モードファイバ(SMF)として知られている商品として入手可能な他の光ファイバは、大きい有効面積と1550nm

付近での極めて高い分散値を示す。したがって、大きい有効面積の望ましい特性と、特定の使い易い動作波長範囲の近くでのゼロ分散特性との双方を、商品として入手可能な単一の光ファイバによって得ることは一般的に不可能である。

【0007】「分散特性の管理された」光ファイバシステムは、正の分散特性を有する光ファイバと負の分散特性を有する光ファイバによる構成として定義され、このシステム全体の分散特性はゼロに近くなる。例えば、クルツケ (Kurtzke)、クリスチアン (Christian) 著「適切な分散特性管理によるファイバの非直線性の抑制」IEEE フォトニクス テクノロジー レターズ、1993年、第5巻、1250~1253頁には、一方が正で他方が負の比較的高い色彩分散を持った光ファイバのセグメントを交互に使用した構成が提案されている。クラブライビィ (Chraplyvy) 他の「分散特性管理のなされた280kmのファイバを通じた8×10Gb/s送信」、同、1233~1235頁には、各区間が、1.6ps/nm/kmの分散値を有する比較的短い通常のファイバと、-2.5ps/nm/kmの分散値を有するより長い分散シフトファイバとからなる、ゼロに近い平均分散特性を有する送信システムが開示されている。

【0008】ヘンミ (Henmi) 他の「集中中継システムにおける光増幅器間の間隔を増大させるための送信用ファイバの分散特性調整法」、同、1337~1340頁には、短い1.3μmゼロ分散ファイバを接続した、1.548μmにおいて約-0.2ps/nm/kmの分散特性を有するファイバを用いて、その区間全体の分散特性を約ゼロにした、送信システムにおける非均一性抑制方法が開示されている。同様のアプローチが、ヘンミ (Henmi) 他の「光中継増幅器を備えた遠距離光送信システムにおける非線形劣化を抑制するための新規な送信用ファイバの分散特性調整法」、ジャーナル オブ ライトウェーブ テクノロジー、1993年、第11巻、1615~1621頁に開示されている。

【0009】ローゼンバーグ (Rosenberg) の米国特許第5191631号には、互いに結合された第1および第2の光ファイバからなるハイブリッド光ファイバが開示され、第1の光ファイバは、第2の光ファイバよりも実質的に大きい有効面積と、所定の動作波長範囲において第2の光ファイバよりも実質的に低い分散特性とを有する。より大きい有効面積と正の分散特性とを有する第1の光ファイバは、端末装置または中継器の後に配置され、かつより小さい有効面積と負の分散特性とを有する第2の光ファイバの前に配置されて、長距離に亘る非線形効果を低減させている。

【0010】図1を参照すると、従来の光ファイバ送信システム100が示されている。このシステム100は、光端末装置110と、増幅・中継器としても知られている複数の中継器120とを備えている。端末装置1

10と中継器120とは、2本の非対称性光ファイバケーブル150および160によって接続されている。非対称性光ファイバケーブル150は、端末装置110から中継器120への送信に用いられ、光ファイバケーブル160は中継器120から端末装置110への送信に用いられる。

【0011】各非対称性光ファイバケーブル150、160は、正の分散特性 (+D) と大きい有効面積とを有する比較的短いファイバのセグメント130と、負の分散特性 (-D) とより小さい有効面積とを有して、セグメント130の大きい有効面積に接続されたより長いファイバのセグメント140とからなる。より大きい有効面積を備えたセグメント130は、上流側、すなわち端末装置110または中継器120に近い側の位置を占めて、より長い距離に亘る非線形効果を低減する。

【0012】大きい有効面積を有するセグメントが、送信を行なう端末装置110または中継器120の近くにあることが必要るために、各方向に送信するための2本の非対称性光ファイバケーブル150および160を、端末装置110と中継器120との間に配置する必要がある。端末装置110と中継器120との間および中継器120間における非対称性光ファイバケーブル150と160との重複の問題が、システム100の最初の構築コストおよび運用中の保全に対して重くのしかかって来る。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明による、分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルは第1および第2の光ファイバからなる。第1の光ファイバは、通常の単一モードファイバ (SMF) で、第1の有効面積と、所定の動作波長範囲における正の分散特性とを有する。第2の光ファイバは、第2の有効面積と、上記所定の動作波長範囲における負の分散特性とを有する。典型的には、第2の光ファイバは、DSFまたはNZDファイバで、ともに負の分散特性と小さい有効面積とを有する。第2の光ファイバは、第1の光ファイバの2つのセグメント間に結合されて、上記所定の動作波長範囲における平均全体分散値がほぼゼロとなる光ファイバケーブルを創り出す。この光ファイバケーブルは、光端末装置と少なくとも1つの中継器とを備えた光ファイバ送信システムに使用可能である。

【0014】

【発明の効果】本発明による分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルは、いくつかの利点を備えている。この分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルは、互いに反対方向に送信するための独立した2本の光ファイバを備えた非対称性光ファイバケーブルのような特別の形式の複雑な構成を何等必要としないために、従来のケーブルよりも製造が容易である。また、この分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルは、容易

に入手可能な光ファイバを用いているために、かつ必要とする光ファイバの量が低減されたより簡素な構成を有するために、従来のケーブルよりも製造コストおよび保全コストが低廉である。

【0015】さらに、この分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルのより簡素な構成は、ファイバ光システムの設計をより容易にもする。この分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルは、光信号を送信する各中継器または端末装置の後に、大きな有効面積を有する光ファイバのセグメントを依然として備えているために、従来のケーブルよりも簡素な構成を有するにも拘らず、非線形効果を低減することが可能である。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0017】図2を参照すると、本発明による光ファイバ送信システム200が示されている。システム200は、光端末装置110と、増幅・中継器としても紹介された複数の中継器120と、1本の分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250とを備えている。分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は、図1に示されているような、端末装置110と中継器120との間および中継器120間に各方向のための2本の非対称性光ファイバケーブルを配置する必要性を無くすことによって、システム200の最初の構築および運用中の保全を簡単にする。

【0018】分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250はまた、容易に入手可能な光ファイバを用いているために、かつ必要とする光ファイバの量を減らしたより簡素な構成であるために、従来のケーブルよりも製造および保全の点でより安価である。分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は従来のケーブルよりも簡素な構成であるにも拘らず、光信号を送信する各中継器120または端末装置110の後に大きな有効面積を有する第1の光ファイバのセグメント230を依然として備えているために、非線形効果を低減することができる。

【0019】図2をさらに詳細に参照すると、端末装置110は、当業者が周知の態様でシステム200に送信するための光信号を発生させる。端末装置110は、中継器120からの光信号を受信する受信機としての動作も行なう。中継器120は、送信された光信号を受信して、増幅し、渋波し、その光信号を当業者が周知の態様で再送信する。分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は端末装置110を中継器120に結合し、かつ次の対の中継器120同士を結合する。

【0020】「区間用ケーブル」としても知られている分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250はまた、2つのセグメント230からなる第1の光ファイバと、第2の光ファイバ240とによって構成されて

いる。2つのセグメント230からなる第1の光ファイバは、大きい有効面積と正の分散特性(+D)とを有し、通常のSMFタイプのファイバであることが好ましい。本実施の形態では、第1の光ファイバは約70~90 μm^2 の有効面積と、約1530~1560nmの動作波長領域において約15~20ps/nm/kmの分散特性とを有するが、これとは異なる有効面積と異なる分散特性を備えた光ファイバも使用可能である。

【0021】第2の光ファイバ240は、典型的には負の分散特性(-D)を有するDSFまたはNZDファイバであり、両者はともに小さい有効面積を有する。本実施の形態では、第2の光ファイバ240は、約1530~1560nmの動作波長領域において約-0.1~-6.0ps/nm/kmの分散特性と約45~55 μm^2 の有効面積とを有するが、これとは異なる有効面積と異なる分散特性を備えた光ファイバも使用可能である。

【0022】分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は、第2の光ファイバ240の両端にそれぞれ第1の光ファイバの1つのセグメント230を結合することによって創り出される。分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は、動作波長範囲における分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250の平均全体分散特性が所望の平均全体分散値になるように創り出される。本実施の形態では、動作波長範囲における所望の平均全体分散値がゼロに近いが、必要であれば他の値も選択可能である。

【0023】分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250を創り出すために、第1の光ファイバの各セグメント230と第2の光ファイバ240との全長は、分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250全体の平均分散特性が動作波長範囲において所望の平均全体分散値になるように選択される。第1の光ファイバのセグメント230と第2の光ファイバ240との長さは、第1の光ファイバのセグメント230についての分散特性の大きさと第2の光ファイバ240についての分散特性の大きさとの比に基づいて決定される。システム200に使用される端末装置110および中継器120の形式のような他の因子も、第1の光ファイバのセグメント230および第2の光ファイバ240についての適切な長さの決定において考慮される。

【0024】本実施の形態においては、第1の光ファイバの2つのセグメント230は実質的に等しい長さを有し、かつその全長が第2の光ファイバ240の長さよりも実質的に短くなっているが、第1の光ファイバのセグメント230および第2の光ファイバ240の特定の分散特性によっては、2つのセグメント230の全長が第2の光ファイバ240の長さに等しいかそれよりも長くなる可能性もある。

【0025】それに加えて、本実施の形態においては、第1の光ファイバの各セグメント230の長さと第2の

光ファイバ240の長さとの比が約1:10ないし1:25になっているが、この比は必要に応じて変えることができる。さらに、本実施の形態においては、端末装置110を中継器120に結合するケーブル250の長さ、あるいは中継器120を他の中継器120に結合するケーブル250の長さは、約60ないし140kmの間であるが、ケーブル250の長さは必要に応じて変えることができる。

【0026】この分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250がいずれの方向に対しても等しい効率をもって送信を行なうことができるため、光ファイバケーブル250の対称構造は、図1に示すような、端末装置110と中継器120の間、または中継器120間の各方向に送信のための光ファイバを備えた非対称配置を著しく簡素化する。ケーブル250が、通常のSMFまたはNZDファイバのような入手の容易な光ファイバを用いていることによって、かつ各方向について独立した光ファイバが必要なために光ファイバの使用量が少なくなることによって、分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250の簡素化された構成は、製造コストおよび運用中の保全コストを従来のケーブルよりも低減する。

【0027】分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250は、それがより簡素な構成を有するにも拘らず、いずれの方向に送信される光信号も常に大きな有効面積を持った第1の光ファイバのセグメント230に最初に遭遇するために、ケーブル250は、いずれの方向の送信についても非直線性を最小にすることができる。大きな有効面積は非直線性を低減するのに役立っている。

【0028】説明の目的のみのために、分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250の一具体例を下記に記載する。

【0029】【具体例】動作波長1545nmにおける分散特性の管理された対称性光ファイバケーブルを備えたシステムの分散特性
対称性光ファイバケーブル250を備え、端末装置110および中継器120と、対の中継器120とが120kmの間隔で配置された1545nmの動作波長のためのシステム200が構築された。この構築に際して、 $55\mu\text{m}^2$ の有効面積を典型的に有し、かつ1545nmにおいて -1.49ps/nm/km の分散特性を典型的に有するコーニングのSMF-LSTTMNZDファイバが第2の光ファイバ240として用いられ、かつ $80\mu\text{m}^2$ の有効面積を典型的に有し、かつ1545nmにおいて 16.63ps/nm/km の分散特性を典型的に有するコーニングのSMF-28TMファイバが第1の光ファイバのセグメント230として用いられた。上記分散特性と、端末装置110と中継器120との間、および対の中継器120間の距離が上記のような場合、2つのセグメント230を足し合わせた長さは約9km（各セグメント230は約4.9km）で、第2の光ファイバ240の長さは約110.1kmである。

【0030】下記の表1に示されているように、1545nmの動作波長において、端末装置110から中継器120まで、および中継器120から中継器120までの全体の分散値は、常にはゼロを保っている。

【0031】

【表1】

装置	ファイバ形式	ファイバ距離 (km)	累計距離 (km)	累計分散値 (ps/nm/km)
端末装置				
	SMF	3.3	3.3	54.9
	NZD	14.7	18.0	33.0
	NZD	14.7	32.7	11.1
	NZD	14.7	47.3	-10.7
	NZD	14.7	62.0	-32.6
	NZD	14.7	76.7	-54.5
	SMF	3.3	80.0	0.4
中継器				
	SMF	3.3	83.3	55.3
	NZD	14.7	98.0	33.4
	NZD	14.7	112.7	11.5
	NZD	14.7	127.3	-10.3
	NZD	14.7	142.0	-32.2
	NZD	14.7	156.7	-54.1
	SMF	3.3	160.0	0.8
中継器				
	SMF	3.3	163.3	55.7
	NZD	14.7	178.0	33.8
	NZD	14.7	192.7	11.9
	NZD	14.7	207.3	-10.0
	NZD	14.7	222.0	-31.8
	NZD	14.7	236.7	-53.7
	SMF	3.3	240.0	1.2
中継器				
	SMF	3.3	243.3	56.1
	NZD	14.7	258.0	34.2
	NZD	14.7	272.7	12.3
	NZD	14.7	287.3	-9.6
	NZD	14.7	302.0	-31.4
	NZD	14.7	316.7	-53.3
	SMF	3.3	320.0	1.6

【0032】したがって、表1のデータは、本発明による分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル250によって効果的な分散特性管理が達成可能な具体例を提供するものである。

【0033】以上、説明の目的のために本発明を詳細に記述しが、特許請求の範囲で規定された本発明の精神および範囲から離れることなしに、当業者による種々の変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】光ファイバケーブルの非対称配置からなる従来の光ファイバ送信システムのブロック図

【図2】本発明による分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル

アイバケーブルの複数を備えた光ファイバ送信システムのブロック図

【符号の説明】

100 従来の光ファイバ送信システム

110 端末装置

120 中継器

150, 160 非対称性光ファイバケーブル

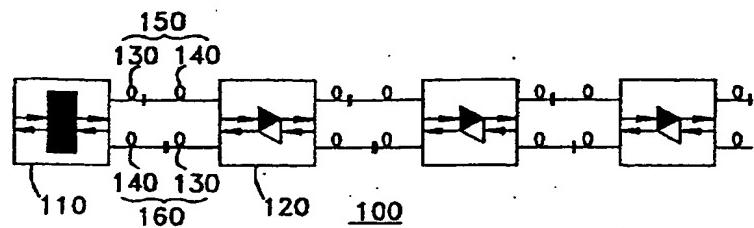
200 本発明による光ファイバ送信システム

230 第1の光ファイバのセグメント

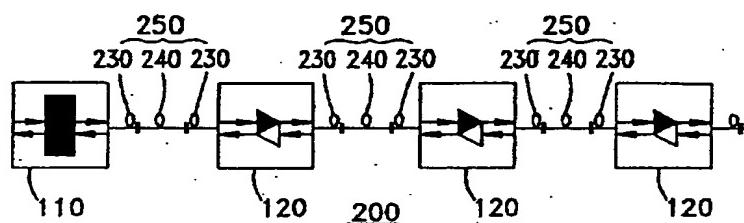
240 第2の光ファイバ

250 分散特性の管理された対称性光ファイバケーブル

【図1】



【図2】



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)